

Системы внутрипочвенного орошения сточными водами с био-фильтрами рекомендуется применять для отдельно стоящих небольших поселков вблизи населенных пунктов, а также для утилизации сточных вод санаторно-курортных учреждений.

1. Переробка міських стічних вод і їх використання для зрошення кормових та технічних культур. ВНД 33-3.3-01-98. – К., 1998. – 62 с.

Получено 25.01.2000

© Чернокозинский А. В., 2000

УДК 628.356

Ю.М.МЕШЕНГИССЕР, канд. техн. наук

НПФ "ЭКОПОЛИМЕР", г. Харьков

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ПОРИСТЫМИ ТРУБЧАТЫМИ АЭРАТОРАМИ

Предлагаются зависимости для расчета эффективности аэрации трубчатыми пористыми аэраторами. Результаты расчетов по динамической модели с учетом изложенных закономерностей позволяют прогнозировать эффективность различных по конструкциям и свойствам аэраторов уже на стадии их разработки и проектирования.

Динамическая модель диспергирования воздуха, учитывающая взаимосвязь основных факторов этого процесса, была предложена в работе [1]. Однако приведенные в [1] зависимости действительны для случая, когда края поры (сопло) расположены горизонтально. Для трубчатых пористых аэраторов более характерен случай, когда поры на поверхности аэратора размещены под углом к горизонту и на разной глубине погружения [2]. Последнее особенно важно в связи с тем, что поры между собой пневматически связаны и расход газа через поры, расположенные на разной глубине, будет различным.

Рассмотрим схематично разрез пористого трубчатого аэратора (рис.1).

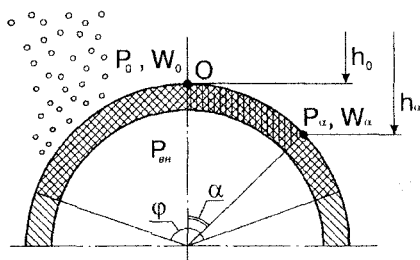


Рис. 1 – Разрез пористого трубчатого аэратора

Скорость истечения газа через пористую перегородку (W , м/с) зависит от перепада давления внутри трубы и снаружи (ΔP , н/м²), а также от сопротивления потоку пористой перегородки (R_{cl} , н*с/м³):

$$W = \frac{\Delta P}{R_{cl}}. \quad (1)$$

Так как давление внутри аэратора постоянно и равно $P_{вн}$, то для точек 0 и α можно записать

$$P_0 + \Delta P_0 = P_\alpha + \Delta P_\alpha = P_{вн}. \quad (2)$$

На рис.1 видно, что

$$P_\alpha = P_0 + \frac{\rho_l g D_a}{2} (1 - \cos \alpha), \quad (3)$$

где ρ_l – плотность воды на уровне основания пузырька, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с², D_a – диаметр трубчатого аэратора, м.

Подставляя (3) и (1) в (2), получим

$$W_0 = W_\alpha + \frac{\rho_l g D_a}{2 R_{cl}} (1 - \cos \alpha). \quad (4)$$

Если W_α – мгновенное значение функции (4), то среднее значение этой функции (W_{cp}) на интервале $(0; \varphi/2)$ можно найти согласно теореме о среднем, а именно:

$$W_{cp}(0; \frac{\varphi}{2}) = \frac{\int_0^{\varphi/2} W(\alpha) d\alpha}{\frac{\varphi}{2} - 0}. \quad (5)$$

Интегрируя уравнение (5), получим

$$W_{cp} = W_0 - \frac{\rho_l g D_a}{2 R_{cl}} \left(1 - \frac{2 \sin \frac{\varphi}{2}}{\varphi}\right). \quad (6)$$

Теперь подставим уравнение (6) в (4), тогда имеем

$$W_\alpha = W_{cp} + \frac{\rho_l g D_a}{2 R_{cl}} \left(\cos \alpha - \frac{2 \sin \frac{\varphi}{2}}{\varphi}\right). \quad (7)$$

Среднюю скорость фильтрования (W_{cp}) можно рассчитать по зависимости

$$W_{cp} = \frac{2Q}{\varphi D_a L}, \quad (8)$$

где Q – расход воздуха на трубчатый аэратор, $\text{м}^3/\text{с}$; φ – угол аэрации, рад; L – длина аэратора, м.

Связь между мгновенной скоростью фильтрования (W_α) и скоростью истечения газа через поры (W_g) можно установить по уравнению

$$W_\alpha = W_g N \frac{\pi d^2}{4}, \quad (9)$$

где d – диаметр пор, м; N – плотность пор, шт./ м^2 .

Таким образом, с помощью уравнений (7)–(9) можно рассчитать скорость истечения газа через поры в любой точке на поверхности аэратора. На рис.2 представлена расчетная скорость W_g для полиэтиленового трубчатого аэратора при различных расходах воздуха.

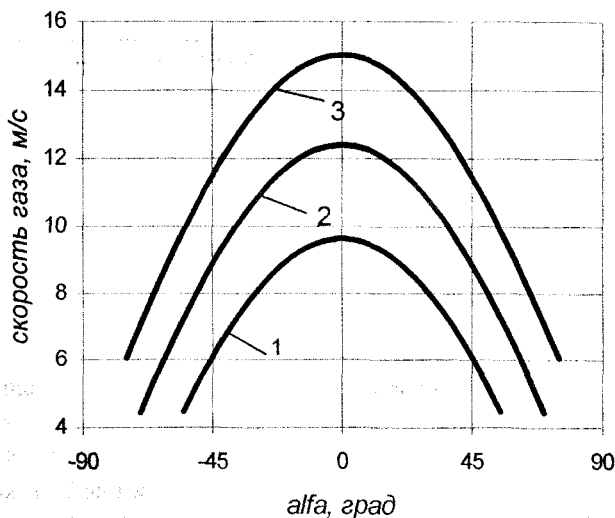


Рис.2 – Зависимость скорости истечения газа (W_g) от угла расположения пор (α) при расходе воздуха через аэратор ($Q, \text{м}^3/\text{ч}$): 1 – 5; 2 – 7,5; 3 – 10.

В работе [1] на основании динамической модели образования пузырьков воздуха получена следующая система уравнений:

$$AD^4 + BD^3 + CD + E = 0, \quad (10)$$

где

$$A = \frac{\pi}{6} g \Delta \rho; \quad (11)$$

$$B = -\frac{\pi}{18} W_D^2 \rho_l; \quad (12)$$

$$C = \frac{\pi d^2}{4} W_g (\rho_g W_g - \rho_{lg} W_D) - \pi d \sigma; \quad (13)$$

$$E = \pi d^2 \sigma. \quad (14)$$

Здесь W_D – скорость всплывания (роста) одиночного пузырька, м/с; d – диаметр сопла (пор), м; σ – коэффициент поверхностного натяжения, н/м²; D – диаметр воздушного пузырька (диаметр сферы, объем которой равен объему пузырька), м; $\Delta \rho = \rho_l - \rho_g$; ρ_g – плотность воздуха в пузырьке, кг/м³.

Так как сила поверхностного натяжения действует по нормали к поверхности раздела фаз, то при рассмотрении не плоского, а трубчатого аэратора в систему уравнений (10)-(14) необходимо ввести только вертикальную составляющую этой силы. Кроме того, в уравнении (13) W_g нужно вычислять как функцию угла α по уравнениям (7)-(9). Тогда уравнение (13) примет вид

$$C = \frac{\pi d^2}{4} W_g(\alpha) (\rho_g W_g(\alpha) - \rho_{lg} W_D) - \pi d \sigma \cos \alpha. \quad (15)$$

Результаты расчетов по уравнениям (7)-(15) приведены на рис.3.

Анализируя данные, представленные на рис.2, 3, можно отметить, что диаметр образующихся пузырьков уменьшается при увеличении угла α , причем эта тенденция сохраняется при повышении расхода воздуха через аэратор и, как следствие, увеличении угла фильтрации φ . Это объясняется тем, что происходит перераспределение расхода газа через поры согласно зависимостей (7)-(9) и рис.2, а, как показал анализ, со снижением скорости истечения газа из сопла уменьшается диаметр образующихся пузырьков. Кроме того, вторым фактором является уменьшение вертикальной составляющей сил поверхностного

натяжения при увеличении угла α , что также уменьшает диаметр образующихся пузырьков воздуха.

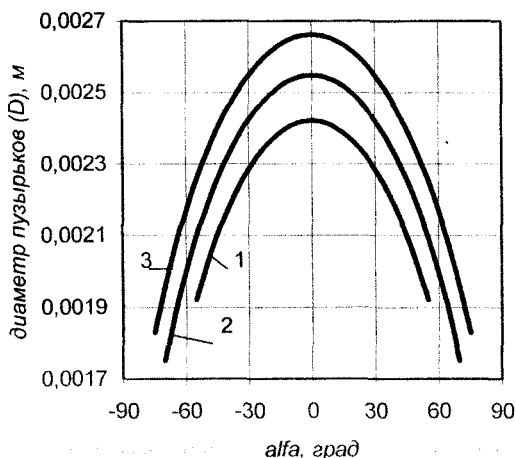


Рис.3— Зависимость диаметра образующихся пузырьков (D) от угла расположения пор (α) при расходе воздуха через аэратор (Q , м³/м²ч): 1 — 5; 2 — 7,5; 3 — 10

Эффективность насыщения воды кислородом зависит от диаметра образующихся пузырьков воздуха и удельной межфазной поверхности. По этим параметрам, сопоставляя трубчатый аэратор и такой же по свойствам, но плоский, можно сказать, что средний диаметр образующихся пузырьков у трубчатого аэратора меньше, чем у плоского, но при этом расход воздуха по краям аэрируемой поверхности (точка α на рис.1) трубчатого аэратора меньше, чем в центре (точка 0 на рис.1). Удобнее сопоставлять эффективность плоского и трубчатого аэраторов по удельной межфазной поверхности (рис.4).

Из данных, приведенных на рис.4, видно, что трубчатые аэраторы позволяют получить примерно на 8-12% большую удельную поверхность контакта, чем плоские, что свидетельствует о более высокой эффективности трубчатых аэраторов.

Результаты расчетов по предлагаемой динамической модели с учетом изложенных выше закономерностей дают возможность прогнозировать эффективность различных по конструкциям и свойствам аэраторов уже на стадии их разработки и проектирования.

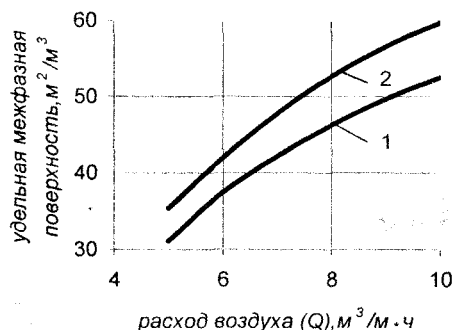


Рис. 4 – Зависимость удельной межфазной поверхности от расхода воздуха на аэратор: 1 – плоский аэратор; 2 – трубчатый аэратор.

1. Мешенгиссер Ю. М. Математическая модель формирования пузырьков воздуха при аэрации // Химия и технология воды. – Т. 21, № 2. – 1999. – С. 122-129.

2. Мешенгиссер Ю. М. Характеристика эксплуатационных параметров полимерных трубчатых аэраторов // Наук. вісн. будівництва. Вип. 7. – Харків: ХДТУБА, 1999. – С. 96-101.

Получено 20.01.2000

© Мешенгиссер Ю. М., 2000

УДК 620.197

О. В. ПУСТОВОЙТОВ

Харьковская государственная академия городского хозяйства

ТРУБОПРОВОДЫ И ЕМКОСТИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ В СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ ОБОЛОЧКЕ

Показана техническая целесообразность и экономическая эффективность разработки многослойных трубопроводов, резервуаров и ряда других конструкций высокого давления. Приведены примеры таких конструкций с предварительно напряженными стеклопластиковыми покрытиями, разработанных в ХГАГХ.

Рациональное и экономное использование материалов на основе новых конструктивных принципов – важное направление научно-технического прогресса в Украине. Таким новым направлением в конструировании является принцип многослойности. Его промышленное применение началось с 40-х годов прошлого столетия в связи с развитием химической промышленности, потребовавшей использования сосудов высокого давления, многослойных трубопроводов и др.

Как показали исследования, многослойные конструкции позволяют по-новому решать новые вопросы повышения производительности